علم المواد

التركيب الهندسي أو البنية البلورية للفلزات للصلبة

التركيب الهندسي أو البنية البلورية للفلزات الصلبة

الجدارة: التعرف على المفاهيم والتعريفات الخاصة بالبنية البلورية للفلزات الصلبة.

الأهداف: عندما يكتمل هذا الفصل يكون الطالب قادراً على:

- معرفة أنواع الخلايا الوحدية للبنية البلورية.
- معرفة متغيرات الخلية الوحدية.
- معرفة المتجهات البلورية.
- معرفة المستويات البلورية.

مستوى الأداء المطلوب: يجب أن يصل الطالب إلى إتقان هذه الجدارة بنسبة 90%.

الوقت المتوقع للتدريب: أربع ساعات.

1- مقدمة

توجد المادة في الطبيعة على شكل ثلاث حالات رئيسية:

أ- الحالة الغازية

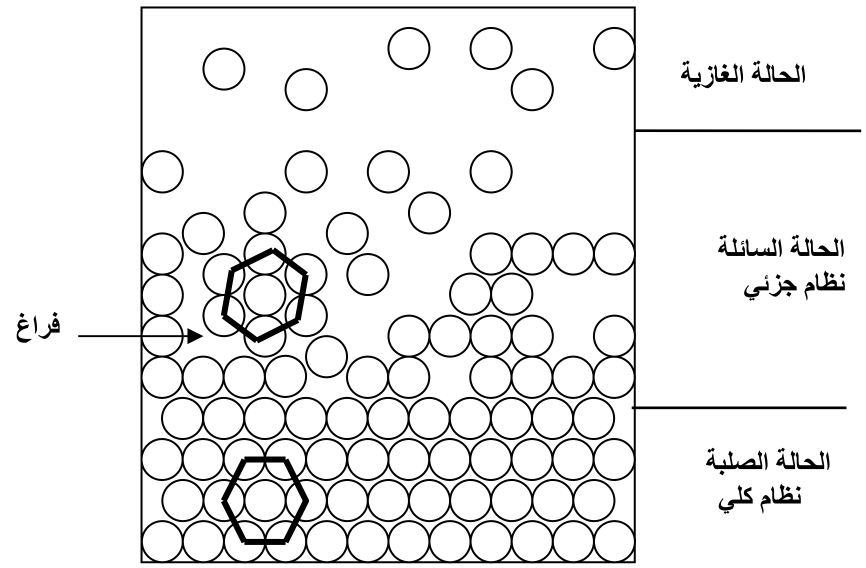
ذرات المادة تكون غير متراصة وغير مرتبة وتتحرك بسرعة دائمة وعشوائية في خطوط مستقيمة وفي كافة الاتجاهات. تأخذ شكل الوعاء الذي توضع فيه وحجمها يعتمد على حجم الوعاء الذي توضع فيه وهي قابلة للانضغاط بسهولة وتمتاز بخاصية الانتشار والتوسع.

ب- الحالة السائلة

ذرات المادة تكون متراصة وغير مرتبة، وحركتها انتقالية ودائمة وعشوائية. تأخذ شكل الوعاء الذي توضع فيه و لها حجم ثابت، صعبة الانضغاط وقابلة للجريان.

ج- الحالة الصلبة

ذرات المادة هنا تكون متراصة ومنتظمة، لها شكل خاص وحجم ثابت وغير قابلة للانضغاط. الشكل (1.3) يبين لنا تمثيلاً عن كيفية تجمع الذرات في الحالات الثلاثة.

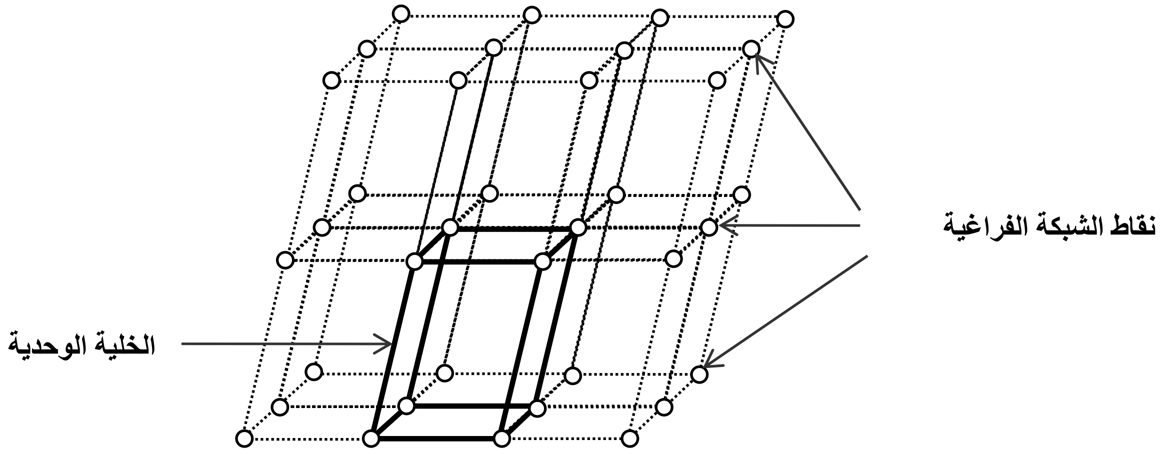


الشكل (1.3): ترتيب الذرات في الحالات الثلاثة للمادة

2- الشبكة الفراغية

المقصود بالشبكة الفراغية المواقع الهندسية الفراغية الممكنة لنقاط في الفراغ (ثلاثي الأبعاد)، حيث يوجد لكل نقطة من هذه النقاط جارات من النقاط في جميع الاتجاهات متطابقة في عددها وأبعادها واتجاهاتها كما هو موضح في الشكل (2.3).

جميع المعادن والسبائك المعدنية في الحالة الصلبة مهما كانت طريقة استخلاصها لها بناء بلوري بارز المعالم وتتجمع في مستويات وأوضاع فراغية مضبوطة تماماً، لذا فهذه الذرات تكوّن فيما بينها ما يعرف بالشبكة البلورية الفراغية.



الشكل (2.3): مفهوم الشبكة الفراغية

هذا التوزيع لذرات العناصر في الفراغ الهندسي لا يكون متطابق في جميع المعادن بمعنى آخر أن كل معدن له ترتيب ذري داخلي يميزه عن غيره، لذلك وجب علينا دراسة الأنواع المختلفة لهذه التوزيعات حتى نتمكن من التعرف على خصائص كل معدن لحاله.

3- وحدة الخلية الوحدية

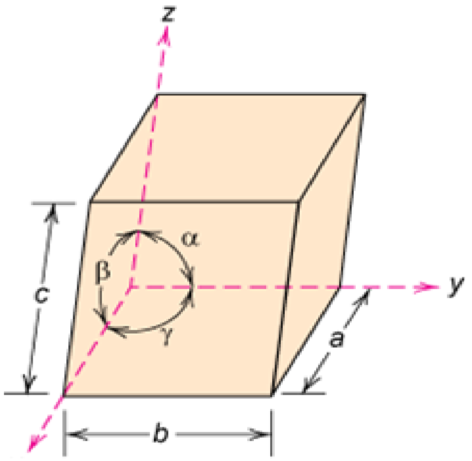
توجد المعادن إذن في أشكال بلورية مختلفة والبلورة الواحدة هي عبارة عن مجموعة من عناصر تسمى الخلايا الوحدية (Unit Cell). الخلية الوحدية هي عبارة عن جسم من وسط صلب متجانس التركيب الكيميائي، يحدها أسطح ومستويات طبيعية تعرف باسم أوجه الخلية كما هو موضح في الشكل (2.3) والتي تكرر نفسها في الاتجاهات الثلاثة في الفراغ، أي أن البناء البلوري يشبه البناء المبني من الطوب حيث الجدار يشبه البنية البلورية ككل والطوبة الواحدة تمثل خلية وحدية واحدة.

هناك سبعة نظم بلورية لكل نظام خليته الوحدية تختلف حسب أبعاد وزوايا الخلية الوحدية المكونة له كما هو موضح في الشكل (3.3). أهمها وأكثرها انتشاراً في المعادن ثلاثة هي:

أ - النظام المكعبي مركزي الجسم Body-Centered Cubic (BCC)

ب - النظام المكعبي مركزي الوجه Face-Centered Cubic (FCC)

ج - النظام السداسي محكم التعبئة Hexagonal Close-Packed (HCP)



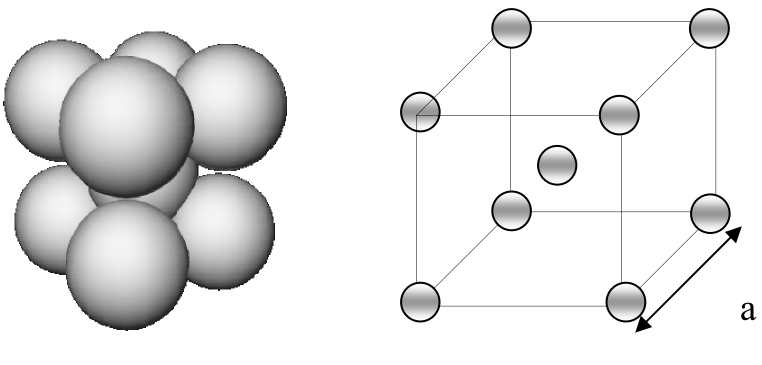
الشكل (3.3): الخلية الوحدية وخصائصها الهندسية

4- متغيرات وحدة الخلية الوحدية

لكل نظام بلوري من الأنظمة السالفة الذكر، متغيرات أو خصائص هندسية تميزه عن غيره. توجد ثلاثة متغيرات هامة لكل نظام بلوري هي: العدد التنسيقي، العدد الفعلي ومعامل الازدحام. سيتم التطرق لكل خاصية من هذه الخصائص لكل نظام بلوري.

1-4 النظام المكعبي مركزي الجسم Body-Centered Cubic (BCC)

هذا النظام هو أكثر أنواع الشبكات البلورية انتشاراً في المعادن. الخلية الوحدية فيه عبارة عن مكعب طول ضلعه a ويوجد في كل ركن من أركانه ذرة واحدة وهذه الثمانية ذرات لا تلمس الواحدة الأخرى، وفي مركز المكعب يوجد ذرة واحدة حيث أن الذرات الثمانية تلمس ذرة المركز كما هو موضح في الشكل (4.3)، وبالتالي يوجد تسع ذرات. من المعادن التي تنتمي إلى هذا النظام نجد الحديد، البوتاسيوم، الصوديوم، التنجستن. فيما يلي خصائص النظام المكعبي مركزي الجسم:



الشكل (4.3): نموذج الخلية الوحدية في النظام المكعبي مركزي الجسم

4-1-1 العدد التنسيقي

يعرف العدد التنسيقي بأنه عدد الذرات أقرب إلى الذرة، وكما هو موضح في الشكل (4.3) فإن العدد التنسيقي هو عدد الذرات التي تلامس الذرة الموجودة في الوسط. من الشكل (4.3) نستنتج أن هذا العدد يساوي ثمانية.

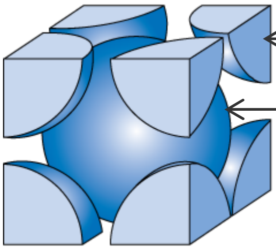
نتيجة: العدد التنسيقي في النظام المكعبي مركزي الجسم = 8

4-1-2 العدد الفعلي

هو عدد الذرات التي تعد من نصيب كل خلية وحدية. حسب نموذج الكرة المصمتة الموضحة في الشكل (5.3)، فإن كل ذرة من الذرات الموجودة بأركان المكعب تحسب كثمن الذرة الواحدة وذلك ناشئ عن أن كل ذرة من هذه الذرات توجد في ثمان خلايا وحدية في آن واحد، وعدد مثل هذه الذرات يساوي 8، وبالتالي تحسب جميع هذه الذرات في الخلية بذرة واحدة أما الذرة الموجودة بالمركز فتحسب بجملتها. نصيب الخلية الوحدية الواحدة يساوي إذن:

$$\left(8\times\frac{1}{8}\right)+1=2$$

نتيجة: العدد الفعلي في النظام المكعبي مركزي الجسم = 2



الشكل (5.3): نموذج الكرة المصمتة في النظام المكعبي مركزي الجسم

4-1-3 معامل الازدحام Atomic Packing Factor (APF)

يعتبر معامل الازدحام من الخواص الهامة للخلية الوحدية للمعادن ويسمى كذلك معامل التكديس، أي كلما ارتفع معامل الازدحام كلما كانت الخلية الوحدية أكثر تكدساً (اكتظاظاً) بالذرات، فهو يدلنا على النسبة من حجم الخلية التي تحتله الذرات، ويعطى بالعلاقة التالية:

$$\text{معامل الازدحام} = \mathbf{APF} = \frac{\text{حجم الذرة x العدد الفعلي للذرات في الخلية}}{\text{حجم الخلية الوحدية}} \qquad (1.3)$$

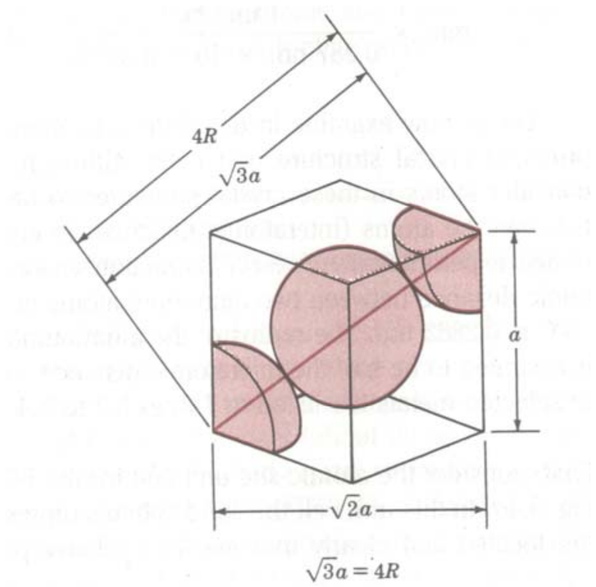
بالنسبة لخلية مركزي الجسم، لدينا:

- العدد الفعلي للذرات في الخلية = 2
- حجم الذرة: الذرة عبارة عن كرة نصف قطرها R وبالتالي حجمها يساوي:

$$\frac{4}{3}\pi \times R^3 \qquad (2.3)$$

- حجم الخلية: هو حجم مكعب طول ضلعه a ويساوي a^3 ، ومن جهة أخرى من الشكل (6.3)، فإن طول ضلع المكعب a بدلالة نصف قطر الذرة R يساوي:

$$a = \frac{4}{\sqrt{3}} \times R \qquad (3.3)$$



الشكل (6.3): العلاقة بين طول ضلع المكعب (a) ونصف قطر الذرة (R)

من العلاقة (3.3) نستنتج أن حجم الخلية بدلالة نصف قطر الذرة R يساوي:

$$\left(\frac{4}{\sqrt{3}} \times R\right)^3 \qquad (4.3)$$

وبتعويض كل من العلاقة (2.3) و(4.3) في معادلة معامل الازدحام (1.3)، نحصل على قيمة معامل الازدحام:

$$APF = \frac{2 \times \frac{4}{3}\pi \times R^3}{\left(\frac{4}{\sqrt{3}} \times R\right)^3} = \frac{\pi \times \sqrt{3}}{8} = 0.68 \qquad (5.3)$$

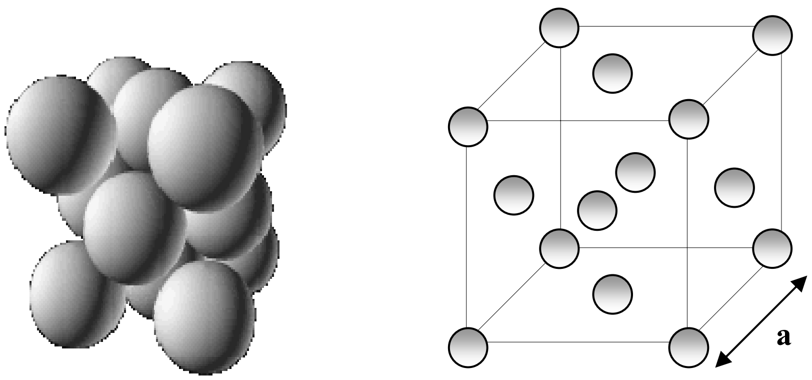
نتيجة: معامل الازدحام في النظام المكعبي مركزي الجسم = 0.68

معامل الازدحام يساوي 0.68 أي أن 68% من حجم هذه الخلية تملؤه الذرات و 32% الباقية مسام (فراغ).

2-4 النظام المكعبي مركزي الوجه Face-Centered Cubic (FCC)

هذا المبنى هو مبنى بلوري مكعب، في كل ركن من أركانه الثمانية توجد ذرة واحدة وهذه الذرات الثمانية لا تلمس أي منها الأخرى كما يوجد بمركز كل وجه من الأوجه الستة للمكعب ذرة واحدة كما هو موضح في الشكل (7.3).

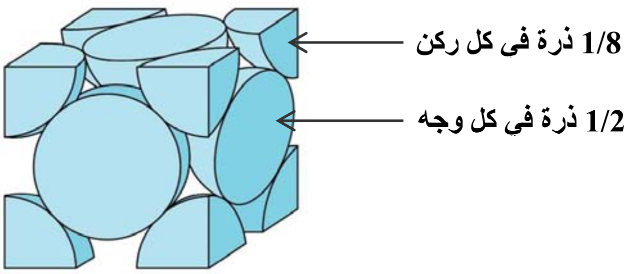
يوجد إذن 14 ذرة في هذا النوع من الخلايا الوحدية، ثمان في أركان المكعب وست في مراكز أوجه المكعب الستة. من المعادن التي تنتمي إلى هذا النظام نجد الألومنيوم، الكالسيوم، النحاس، الفضة، الذهب والرصاص، وهذه خصائصه:



الشكل (7.3): نموذج الخلية الوحدية في النظام المكعبي مركزي الوجه

1-2-4 العدد التنسيقي

باستعمال نموذج الكرة المصمتة الموضح في الشكل (8.3) وفحصنا بتمعن الوجه الأمامي نلاحظ أن الذرة في مركز هذا الوجه تلامس:



الشكل (8.3): نموذج الكرة المصمتة في النظام المكعبي مركزي الوجه

- أربع ذرات في الأركان الأمامية.

- أربع ذرات في مراكز الأوجه الخلفية في نفس الخلية.
- أربع ذرات في مراكز الأوجه الأمامية أي في الخلية الوحدية التي أمامها مباشرة، وبالتالي فإن العدد التنسيقي يساوي اثنا عشر.

نتيجة: العدد التنسيقي في النظام المكعبي مركزي الوجه = 12

4-2-2 العدد الفعلي

كل ذرة من الذرات الموجودة بكل ركن من أركان المكعب تحسب كثمن الذرة الواحدة وذلك ناشئ عن أن كل ذرة من هذه الذرات توجد في ثمان خلايا وحدية في آن واحد، وعدد هذه الذرات يساوي 8 وبالتالي تحسب جميع هذه الذرات في الخلية بذرة واحدة وستة ذرات على ست أوجه المكعب نصف كل واحدة منها يقع داخل الخلية الواحدة، وبالنتيجة، العدد الفعلي يساوي أربعة:

$$\left(8 \times \frac{1}{8}\right) + \left(6 \times \frac{1}{2}\right) = 1 + 3 = 4$$

نتيجة: العدد الفعلي في النظام المكعبي مركزي الوجه = 4

4-2-3 معامل الازدحام

كما في النظام المكعبي مركزي الجسم، يمكننا حساب معامل الازدحام في الخلية الوحدية للنظام المكعبي مركزي الجسم كما يلي:

- العدد الفعلي للذرات = 4
- حجم الذرة يساوي:

$$\frac{4}{3}\pi \times R^3 \qquad (6.3)$$

- حجم الخلية: هوحجم مكعب طول ضلعه a ويساوي a^3، ومن جهة أخرى و من الشكل (9.3) فإن طول ضلع المكعب a بدلالة نصف قطرالذرة R يساوي:

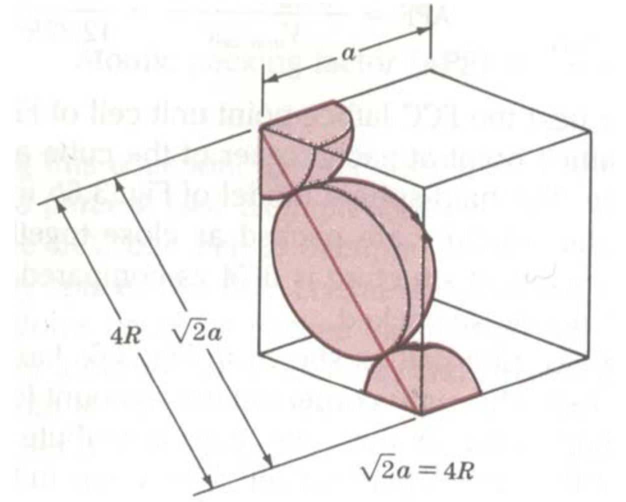
$$a = \frac{4}{\sqrt{2}} \times R \qquad (7.3)$$

- حجم الخلية يساوي:

$$\left(\frac{4}{\sqrt{2}} \times R\right)^3 \qquad (8.3)$$

وبالتالي نحصل على معامل الازدحام كما يلي:

$$APF = \frac{4 \times \frac{4}{3} \times \pi \times R^3}{\left(\frac{4}{\sqrt{2}} \times R\right)^3} = \frac{\pi \times \sqrt{2}}{6} = 0.74 \qquad (9.3)$$



الشكل (9.3): العلاقة بين طول ضلع المكعب (الخلية) و نصف قطر الذرة

معامل الازدحام لهذا النوع من الخلايا يساوي 0.74 أي أن 74% من حجم الخلية تملؤه الذرات و26% الباقية مسام (فارغ).

نتيجة: معامل الازدحام في النظام المكعبي مركزي الوجه = 0.74

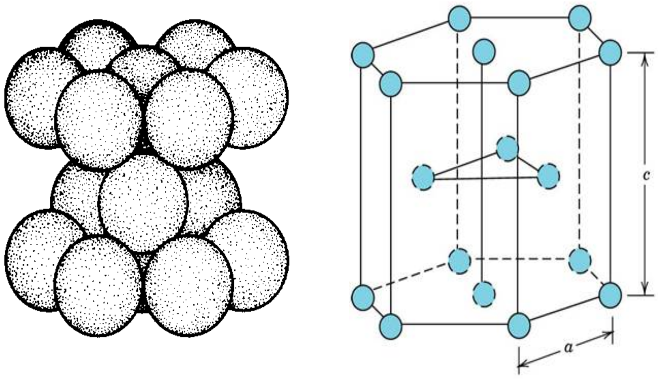
3-4 النظام السداسي محكم التعبئة Hexagonal Close-Packed

في هذا النظام، شكل الخلية الوحدية عبارة عن منشور سداسي كما هو موضح في الشكل (10.3)، طول ضلع قاعدته a وارتفاعه c. توجد ذرة واحدة في كل ركن من أركانه وذرة واحدة في مركز كل قاعدة من قاعدتيه الاثنتين وثلاث ذرات على السطح المركزي الموجود داخل الخلية. لهذا المبنى إذن 17 ذرة: 7 على السطح العلوي و7 على السطح السفلي و3 على السطح المركزي. هذا المبنى يدعى السداسي المضغوط أو (HCP) في الاختصار العالمي. من المعادن المرتبة في هذا النظام نجد: الخارصين، الكوبالت، التيتانيوم، المغنيسيوم.

1-3-4 العدد التنسيقي

إذا فحصنا الشكل (10.3) نجد أن عدد الذرات الأقرب للذرة التي توجد في مركز القاعدة العلوية للمنشور كما يلي:

- الذرات الثلاثة الموجودة في منتصف المنشور.



الشكل (10.3): نموذج الخلية الوحدية في النظام السداسي محكم التعبئة

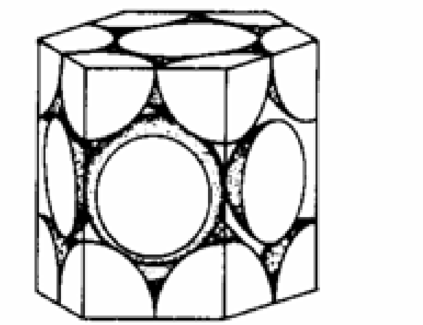
- الذرات الستة المحيطة بها بنفس القاعدة
- ثلاث ذرات في وسط المنشور المجاور لهذا المنشور من الأعلى.

وبالتالي فإن العدد التنسيقي في هذا النظام يساوي اثنا عشر.

نتيجة: العدد التنسيقي في النظام السداسي محكم التعبئة = 12

2-3-4 العدد الفعلي

كل ذرة من الذرات الموجودة بأركان السداسي تحسب كسدس الذرة الواحدة، وذلك ناشئ عن أن كل ذرة من هذه الذرات توجد في ست خلايا وحدية في آن واحد وعدد هذه الذرات يساوي 12 ذرة، وذرة واحدة تقع على القاعدة الأفقية والثانية على القاعدة السفلية نصف كل واحدة منها ينتمي للخلية الوحدية، وأخيرا ثلاث ذرات داخل الخلية الوحدية وبالتالي فإن العدد الفعلي للذرات يساوي ستة، كما هو موضح الشكل (11.3)، أي:



الشكل (11.3) : نموذج الكرة المصمتة في النظام السداسي محكم التعبئة

- ذرتان موزعتان على أركان السداسي:

$$\left(12 \times \frac{1}{6}\right) = 2$$

- ذرة واحدة موزعة على أوجه السداسي:

$$\left(2 \times \frac{1}{2}\right) = 1$$

- ثلاث ذرات داخلية.

لذلك نجد أن عدد الذرات الفعلي للخلية الوحدية في النظام السداسي محكم التعبئة يساوي:

$$\left(12 \times \frac{1}{6}\right) + \left(2 \times \frac{1}{2}\right) + 3 = 2 + 1 + 3 = 6$$

نتيجة: العدد الفعلي في النظام السداسي محكم التعبئة = 6

3-3-4 معامل الازدحام

بسبب تعقيدات هندسية سنكتفي هنا بإعطاء النتيجة النهائية لمعامل الازدحام وهو يساوي 0.74 وكما نلاحظ، فإن معامل الازدحام في النظام السداسي يساوي معامل الازدحام في النظام مركزي الوجه.

نتيجة: معامل الازدحام في النظام السداسي محكم التعبئة = 0.74

5- المتجهات البلورية

يمثل المتجه البلوري في النظام المكعبي بثلاثة أرقام صحيحة تكتب بين قوسين مربعين، مثل [101] أو $[10\bar{1}]$. الأرقام التي فوقها خط هي أرقام سالبة كما في المثال $[10\bar{1}]$ حيث يقرأ $\bar{1}$ سالب واحد. هندسياً، يمكن اعتبار المتجه البلوري شعاع معرف بنقطة بدايته واتجاهه وإحداثياته في المحاور الثلاثة للفراغ. قراءة المتجهات البلورية تتم باتباع الخطوات التالية:

أ- تحديد نقطة الأصل وهي نقطة بداية المتجه.

ب- إيجاد الإسقاطات على المحاور الثلاثة بدلالة طول ضلع المكعب a.

ج- تضرب هذه الأرقام (نقصد الإسقاطات الثلاثة) أو تقسم بعامل مشترك لاختزالها لأصغر أرقام صحيحة.

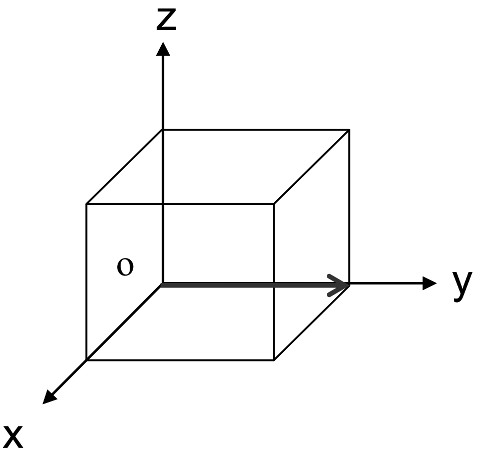
د- توضع هذه الأرقام الصحيحة بين قوسين مربعين حسب الصيغة التالية:

$$[UVW]$$

حيث:

- U: يمثل العدد الصحيح للإسقاط على المحور X.
- V: يمثل العدد الصحيح للإسقاط على المحور Y.
- W: يمثل العدد الصحيح للإسقاط على المحور Z.

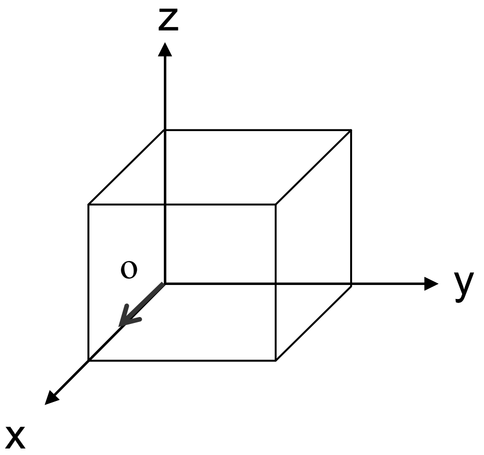
الشكل (12.3) يوضح لنا الخطوات اللازمة لقراءة بعض المتجهات البلورية في النظام المكعبي بفرض أن طول ضلع المكعب يساوي a.



الخطوة الأولى: إحداثيات الشعاع : (0 a 0)

الخطوة الثانية: قسمة على a **نحصل على:** (0 1 0)

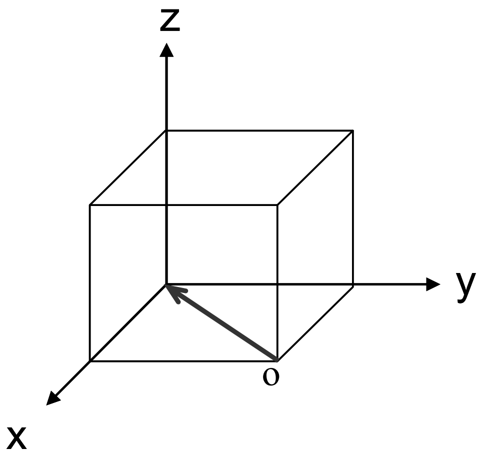
الخطوة الثالثة: كتابة صيغة المتجه: [010]



الخطوة الأولى: إحداثيات الشعاع: (a/2 0 0)

الخطوة الثانية: قسمة على a/2 **، نحصل على** (1 0 0)

الخطوة الثالثة: كتابة صيغة المتجه: [100]



الخطوة الأولى: إحداثيات الشعاع: (- a - a 0)

الخطوة الثانية: قسمة على a نحصل على (- 1 - 1 0)

الخطوة الثالثة: كتابة صيغة المتجه: $[\bar{1}\bar{1}0]$

الشكل (12.3): أمثلة لمتجهات بلورية

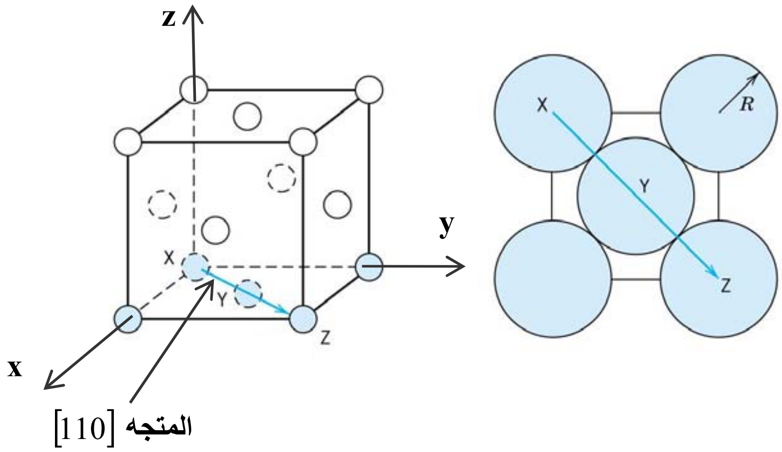
1-5 الكثافة الذرية للمتجهات

تعرف الكثافة الذرية للمتجهات بأنها عدد الذرات على وحدة الطول وتعطى بالعلاقة التالية:

$$\text{الكثافة الذرية للمتجه} = \frac{\text{عدد أقطار الذرات التي توجد على طول المتجه}}{\text{طول المتجه}} \qquad (10.3)$$

<u>مثال</u>

احسب الكثافة الذرية لعنصر الألومنيوم في الاتجاه البلوري [110] كما هو موضح في الشكل (13.3)، إذا علمنا أن الخلية الوحدية لعنصر الألومنيوم هي من نوع مكعبي مركزي الوجه (FCC)، طول ضلع المكعب a يساوي 0.405 nm (نانومتر :nm).



الشكل (13.3): الخلية الوحدية لعنصر الألومنيوم

الحل:

من الشكل (13.3) نستنتج أن:

- عدد الأقطار التي توجد على طول المتجه تساوي 2
- طول المتجه: هو وتر المربع الذي طول ضلعه a ويساوي $\sqrt{2}\times a$ و بالتالي:

الكثافة الذرية للمتجه = $\frac{2}{\sqrt{2}\times a}$ وبتعويض قيمة a ، نحصل على:

الكثافة الذرية للمتجه [110] = $\frac{2}{\sqrt{2}\times 0.405}$ = 3.5 ذرة/nm

أو الكثافة الذرية للمتجه [110] = 3.5×10^{9} ذرة/mm

6- المستويات البلورية

نمثل المستوى البلوري في النظام المكعبي بثلاثة أرقام صحيحة بين قوسين، ويعبر عن الأرقام السالبة الصحيحة بخط على أعلى الرقم. مثال على ذلك المستوى البلوري (111)، المستوى البلوري $(\bar{1}0\bar{1})$. تسمى الأعداد الصحيحة الموجودة بين قوسين إحداثيات ميلر (Miller).

لقراءة أو رسم مستوى بلوري نستعمل طريقة ميلر التي تنص على تعيين نقطة أصل ورسم ثلاثة محاور موجهة X ، Y ، Z . نقطة الأصل هي اختيارية من بين ثمانية أركان المكعب، ثم نتبع الخطوات التالية:

أ- نوجد نقاط تقاطع المستوى البلوري مع المحاور الثلاثة مع ملاحظة أنه إذا كان المستوى موازياً لمحور ما فإن نقطة التقاطع تكون عند ما لا نهاية (∞).

ب- إذا كان ضرورياً، نضرب أو نقسم أرقام التقاطع على عامل مشترك للحصول على أصغر أعداد صحيحة.

ج- نأخذ مقلوب الأرقام المتحصل عليها في الخطوة ب، ثم نضعها بين قوسين دائريين (hkl) حيث h هو العدد المقابل للمحور X و k هو العدد المقابل للمحور Y و l هو العدد المقابل للمحور Z مع الإشارة أن مقلوب مالا نهاية (∞) يساوي الصفر $\left(\frac{1}{\infty}=0\right)$.

الشكل (14.3) يوضح لنا الخطوات اللازمة لقراءة بعض المستويات البلورية في النظام المكعبي بفرض أن طول ضلع المكعب يساوي a.

1-6 الكثافة الذرية للمستويات

تعرف الكثافة الذرية للمستويات بأنها عدد الذرات على وحدة المساحة، وتعطى بالعلاقة التالية:

$$\text{الكثافة الذرية للمستوى} = \frac{\text{عدد الذرات التي توجد مراكزها على مساحة المستوى}}{\text{مساحة المستوى}} \qquad .3)1(1$$

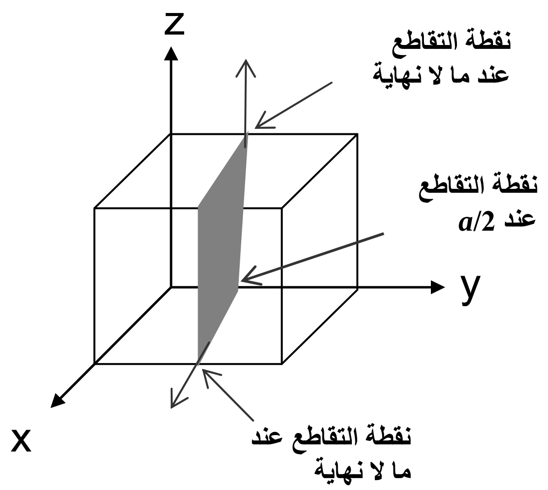
مثال

احسب الكثافة الذرية للمستوى الذري (110) لمعدن التنجستن، إذا علمنا أن الخلية الوحدية فيه هي من نوع مكعبي مركزي الجسم (BCC) كما هو موضح في الشكل (15.3)، علماً أن طول ضلع الخلية الوحدية a يساوي 0.304 nm.

الخطوة الأولى: إيجاد تقاطع المستوى مع المحاور: ∞ a /2 ∞

الخطوة الثانية: نقسم على a/2 **نحصل على:** ∞ 1 ∞

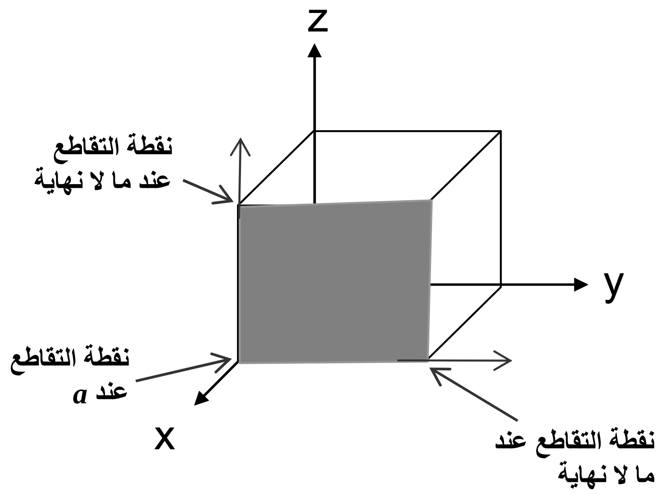
الخطوة الثالثة: نأخذ مقلوب نقاط التقاطع و نحصل على المستوى البلورى: (010)



الخطوة الأولى: أوجد تقاطع المستوى مع المحاور:
a ∞ ∞

الخطوة الثانية: نقسم على a نحصل على :
1 ∞ ∞

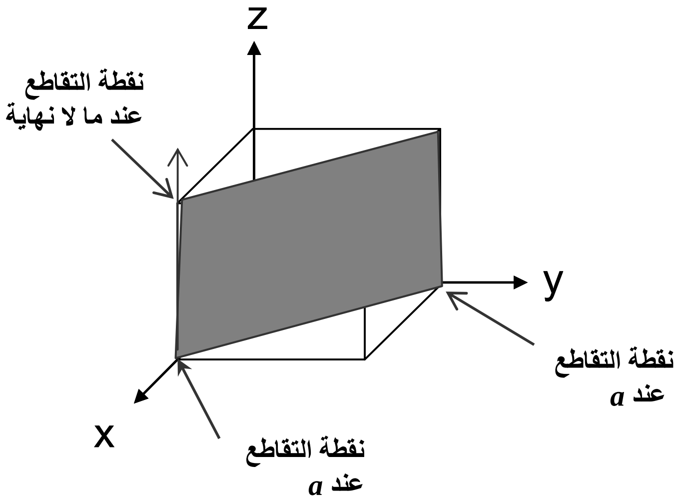
الخطوة الثالثة: نأخذ مقلوب نقاط التقاطع، نحصل على المستوى البلورى: (100)



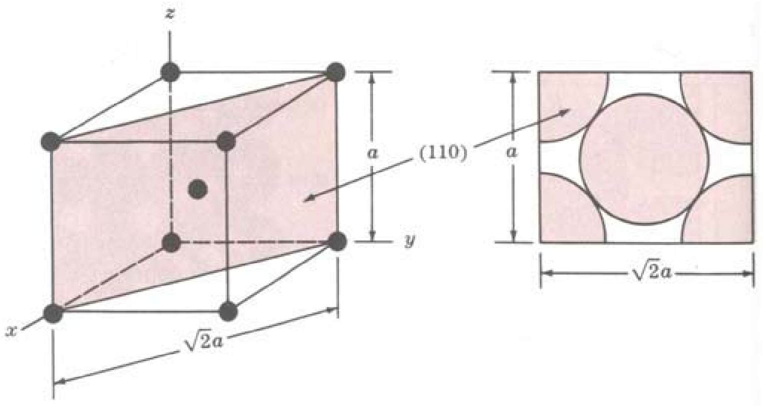
الخطوة الأولى: أوجد تقاطع المستوى مع المحاور:
a a ∞

الخطوة الثانية: نقسم على a نحصل على:
1 1 ∞

الخطوة الثالثة: نأخذ مقلوب نقاط التقاطع، نحصل على المستوى البلورى: (110)



الشكل (14.3): أمثلة لمستويات بلورية



الشكل (15.3): الخلية الوحدية لعنصر التنجستن

الحل:

الشكل (15.3) يوضح المستوى (110) داخل الخلية الوحدية.

- مساحة المستوى: المستوى عبارة عن مستطيل طول ضلعه $\sqrt{2}\times a$ و عرضه a و بالتالي مساحته تساوي:

$$\sqrt{2}\times a^2$$

- عدد الذرات في هذه المساحة: من الشكل يمكن عدها وتساوي:

$$4\times\frac{1}{4}+1=2$$

و بالرجوع إلى قانون الكثافة الذرية للمستوى، أي العلاقة (11.3) نحصل على:

الكثافة الذرية للمستوى= $\frac{2}{\sqrt{2}\times a^2}$

و بتعويض قيمة a نحصل على:

الكثافة الذرية للمستوى= $\frac{2}{\sqrt{2}\times(0.304)^2}$ ذرة/nm^2 = 1.53×10^{13} ذرة/mm^2

أسئلة تحريرية

السؤال الأول

ضع علامة (نعم) أمام الإجابة الصحيحة و علامة (لا) أمام الإجابة الخاطئة:

1- ذرات المادة في الحالة الصلبة تكون غير متراصة وغير مرتبة ( )
2- المعادن في الحالة الصلبة لها بناء بلوري بارز المعالم ( )
3- الخلية الوحدية هي وحدة البناء البلوري ( )
4- المعادن في الحالة الصلبة لها عشرة نظم بلورية ( )
5- البناء البلوري للفلز الواحد هو تكرار للخلية الوحدية في الاتجاهات الثلاثة للفراغ ( )
6- معدن الحديد نظامه البلوري مكعبي مركز الوجه ( )
7- العدد الفعلي في النظام المكعبي مركزي الوجه يساوي خمسة عشر ( )
8- أقل البنيات البلورية ازدحاما هي بنية HCP ( )
9- يمثل المتجه البلوري بثلاثة أرقام صحيحة تكتب بين قوسين مربعين ( )
10- الكثافة الذرية للمستويات هي عدد الذرات الموجودة على وحدة مساحة المستوى ( )

السؤال الثاني

اختر الإجابة الصحيحة لكل مايلي:

1- العدد التنسيقي هو:
أ- العدد الفعلي للذرات
ب- عدد أقرب جيران الذرة والتي تتلامس معها
ج- عدد الإلكترونات

2- العدد الفعلي هو:
أ- عدد الذرات التي تعد من نصيب كل خلية وحدية
ب- عدد أوجه مكعب الخلية الوحدية
ج- عدد الذرات الموجودة داخل المكعب

3- نوع البنية البلورية لمعدن النحاس:

أ- مكعب مركزي الجسم

ب- مكعب مركزي الوجه

ج- سداسي محكم التعبئة

4- معامل الازدحام في النظام السداسي محكم التعبئة (HCP) :

أ- أكبر من معامل الازدحام في النظام المكعبي مركزي الجسم

ب- يساوي معامل الازدحام في النظام المكعبي مركزي الوجه

ج- يساوي 0.5

5- يمثل المستوى البلوري بـ:

أ- ثلاثة أرقام صحيحة بين قوسين مربعين

ب- ثلاثة أرقام صحيحة بين قوسين

ج- رقمان صحيحان بين قوسين مربعين

6- تعرف الكثافة الذرية للمتجهات بـ:

أ- عدد الذرات على وحدة الطول

ب- عدد الذرات على وحدة المساحة

ج- عدد الذرات داخل الخلية الوحدية

7- العدد الفعلي للذرات في الخلية الوحدية BCC يساوى:

أ- 4

ب- 3

ج- 9

8- نستعمل الرمز[ ] لكتابة:

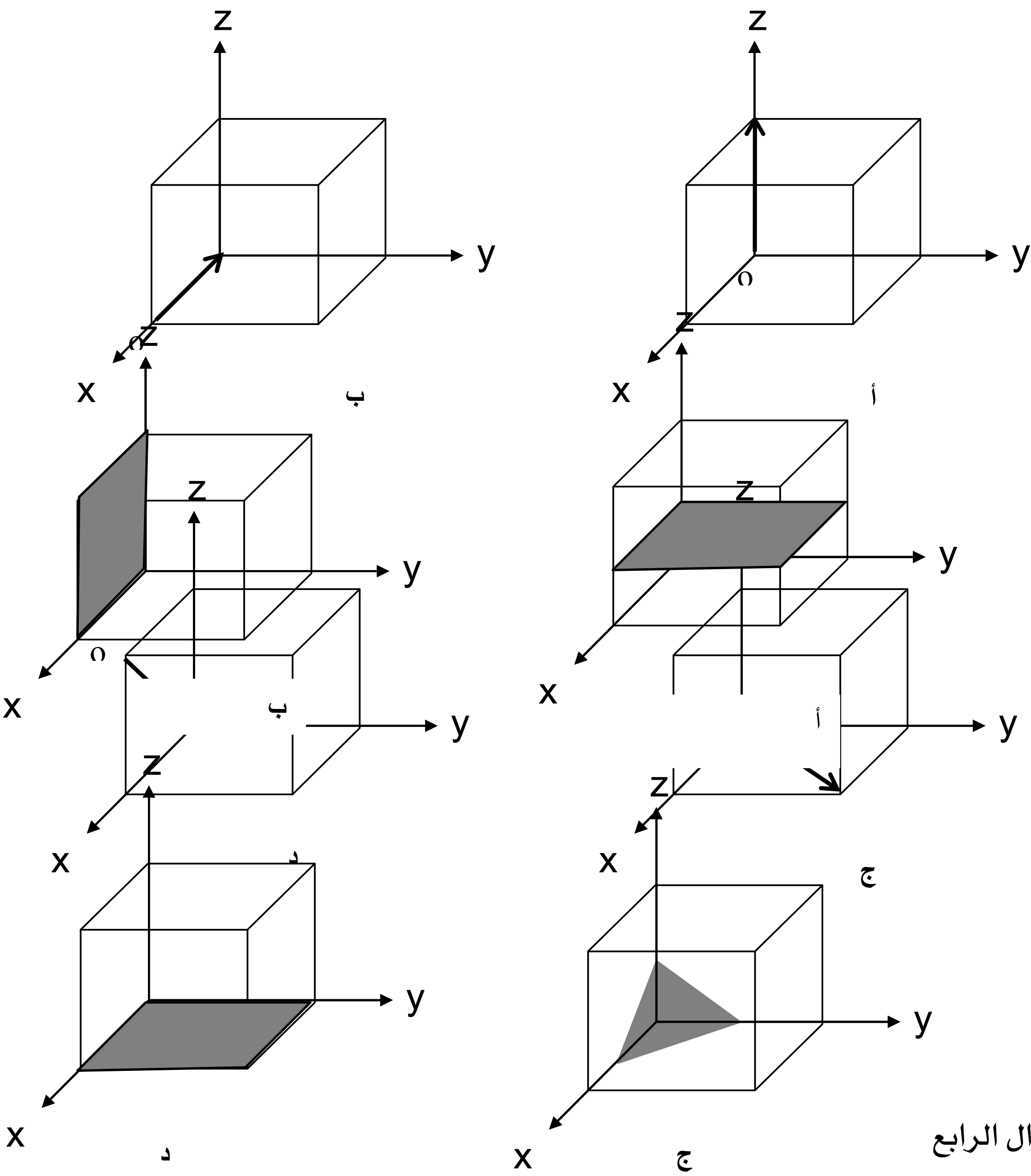
أ- متجه

ب- مستوى

ج- نظام مكعبي

السؤال الثالث

لكل حالة من الحالات التالية، استخرج صيغة المتجه البلوري علماً أن طول ضلع المكعب يساوي a.



السؤال الرابع

لكل حالة من الحالات التالية، استخرج صيغة المستوى البلوري علماً أن طول ضلع المكعب يساوي a.